

## 1

## Verfahren zum Entfernen eines Schichtbereichs eines Bauteils

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Entfernung eines  
5 Schichtbereichs eines Bauteils.

In heutigen modernen Energieerzeugungsanlagen, wie z. B. Gasturbinenanlagen, spielt der Wirkungsgrad eine wichtige Rolle,  
10 weil dadurch die Kosten für den Betrieb der Gasturbinenanlagen reduziert werden können.

Die Möglichkeit, den Wirkungsgrad zu erhöhen und damit die Betriebskosten zu reduzieren besteht darin, Einlasstemperaturen eines Verbrennungsgases innerhalb einer Gasturbine zu  
15 erhöhen.

Aus diesem Grund wurden keramische Wärmedämmschichten entwickelt, die auf thermisch belasteten Bauteilen, beispielsweise aus Superlegierungen, aufgebracht werden, die alleine  
20 den hohen Einlasstemperaturen auf Dauer nicht mehr standhalten könnten.

Die keramische Wärmedämmschicht bietet den Vorteil einer hohen Temperaturresistenz aufgrund ihrer keramischen Eigenschaften und das metallische Substrat den Vorteil der guten mechanischen Eigenschaften in diesem Verbund- oder Schichtsystem. Typischerweise ist zwischen dem Substrat in der keramischen Wärmedämmschicht eine Haftvermittlungsschicht mit der  
25 Zusammensetzung MCrAlY (Hauptbestandteile) aufgebracht, wobei  
30 M bedeutet, dass ein Metall aus der Gruppe Nickel, Chrom oder Eisen verwendet wird.

Die Zusammensetzung dieser MCrAlY-Schichten kann variieren,  
35 jedoch unterliegen alle MCrAlY-Schichten trotz der aufliegenden Keramikschicht einer Korrosion durch Oxidation, Sulfid-

dation oder anderen chemischen und/oder mechanischen Angriffen.

Die MCrAlY-Schicht degradiert dabei häufig in einem stärkeren Maße als das metallische Substrat (bspw. Ni-, Co basierte Superlegierung), d.h. dass die Lebensdauer des Verbundsystems aus Substrat und Schicht bestimmt wird durch die Lebensdauer der MCrAlY-Schicht.

Die MCrAlY-Schicht ist nach längerem Einsatz nur noch bedingt funktionstüchtig, hingegen kann das Substrat noch voll funktionstüchtig sein.

Es besteht also der Bedarf, die im Einsatz degradierten Bauteile, beispielsweise Turbinenlaufschaufeln oder -leitschaufeln oder Brennkammerteile, aufzuarbeiten, wobei die korrodierten Schichten oder Zonen der MCrAlY-Schicht oder des Substrats abgetragen werden müssen, um eventuell neue MCrAlY-Schichten oder andere Schutzschichten und/oder wiederum eine Wärmedämmschicht aufzubringen. Die Verwendung von vor-

handenen, benutzten Substraten führt zu einer Kostenreduzierung beim Betrieb von Gasturbinenanlagen.

Dabei muss beachtet werden, dass das Design der Turbinenschaufel und der Leitschaufel nicht verändert wird, das heißt, dass ein gleichmäßiger Oberflächenabtrag vom Material erfolgt. Weiterhin dürfen keine Korrosionsprodukte zurückbleiben, die bei einer Neubeschichtung mit einer MCrAlY-Schicht und/oder einer anderen Schutzschicht und/oder einer keramischen Wärmedämmschicht eine Fehlerquelle bilden oder zu einer schlechten Haftung dieser Schichten führen würden.

Die EP 759 098 B1 zeigt ein Verfahren zur Reinigung von Turbinenschaufelblättern, bei dem Kaliumhydroxid verwendet wird.

Ebenso ist es Stand der Technik, korrodierte Schichten durch Säurestrippen zu entfernen, wie es aus der US-PS 5,944,909 bekannt ist.

Die bekannten Verfahren führen oft zu keinem oder zu einem  
5 ungleichmäßigen Abtrag und sind auch sehr zeitintensiv.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, dieses Problem zu überwinden.

10 Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem vor einer Säurebehandlung eine Behandlung des Bauteils in einem Salzbad erfolgt.

Weitere vorteilhafte Verfahrensschritte sind in den Unteran-  
15 sprüchen aufgelistet.

Es zeigen

20 Figur 1 ein Bauteil,  
Figur 2 ein Schichtsystem,  
Figur 3 eine Vorrichtung, um das erfindungsgemäße  
Verfahren durchzuführen, und  
Figur 4 ein mit dem erfindungsgemäßen Verfahren behandeltes  
25 Bauteil.

Figur 1 zeigt ein Bauteil 1, das mit dem erfindungsgemäßen Verfahren behandelt werden soll.

30

Das Bauteil 1, das bspw. aus Metall oder einer Metalllegierung besteht, weist einen Oberflächenbereich 10 auf, der bspw. durch Korrosion, Oxidation oder in sonstiger Art und Weise degradiert ist und entfernt werden soll.

35 Der Oberflächenbereich 10 besteht bspw. aus einem Oxid, das bei hohen Temperaturen entstanden ist.

Ebenso können auch nicht degradierte Bereiche durch das erfindungsgemäße Verfahren entfernt werden.

- 5 Figur 2 zeigt ein weiteres Bauteil 1, das mit dem erfindungsgemäßen Verfahren behandelt werden kann.

Das Bauteil 1 besteht aus einem Substrat 4 (z. B. Nickel-, Kobalt-basierte Superlegierung) und einer Schicht 7 (z. B. MCrAlY), die degradiert ist und mit dem erfindungsgemäßen Verfahren entfernt werden soll.

Ebenso kann auch das Substrat 4 degradiert sein, wobei die degradierten Bereiche des Substrats 4 dann bspw. ebenfalls mit entfernt werden.

15

Bspw. in einem ersten Verfahrensschritt kann durch grobes mechanisches Vorreinigen, wie z.B. Sandstrahlen oder Strömungsschleifen ein erster Abtrag der zu entfernenden Schichtbereiche 7, 10 und/oder auch einer keramischen Wärmedämmschicht, die über der Schicht 7 angeordnet ist, erfolgen.

20

Die Behandlung mit Sandstrahlen und/oder Strömungsschleifen kann auch zwischen oder nach den einzelnen Salz- und Säurebehandlungen oder am Ende erfolgen.

25

Dann erfolgt eine Behandlung des Bauteils 1, insbesondere der zu entfernenden Schichtbereiche 7, 10 in einem flüssigen Salzbad (Schmelze), in das zumindest die Bereiche 7, 10 des Bauteils 1 eingetaucht werden.

30

Unter dem Begriff Salze werden bspw. u.a. Verbindungen aus Metall (Metallion) und Säurerest (Säure weniger ein Wasserstoffion) also bspw.  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$  .. und/oder Basenrest verstanden.

Die Verwendung einer solchen Verbindung für das Salzbad setzt voraus, dass es zu einem chemischen Angriff des Salzes auf das Bauteil 1 kommt.

35

Es kann auch das gesamte Bauteil 1, eventuell mit einer Maskierung versehen, in das Salzbad eingetaucht werden.

- Das Salzbad besteht beispielsweise aus Natriumhydroxid (NaOH) oder Kaliumhydroxid (KOH) (also bspw. ein Schmelzbad, d.h. flüssig bei höheren Temperaturen als Raumtemperatur). Beide Salze können auch zusammen verwendet werden und weisen dann insbesondere ein Mischungsverhältnis von 50 zu 50 Volumenprozent auf.
- Weitere Salzbad sind denkbar.

- Ebenso kann bspw. auch Natriumoxid ( $\text{NaO}_2$ ) obigen Salzen als Sauerstofflieferant hinzugefügt werden, das den chemischen Angriff auf die zu entfernenden Bereiche verstärkt.
- Weitere Sauerstofflieferanten sind denkbar, wie z.B. eine Sauerstoffzufuhr, Oxide oder Metalloxide.

- Es können auch Behandlungen des Bauteils 1 in verschiedenen Salzbadern hintereinander vorgenommen werden.
- Beispielsweise nach einer, bspw. nach jeder, Behandlung im Salzbad erfolgt eine Wässerung und/oder Trocknung. Hierbei werden bspw. die Temperaturunterschiede zwischen Salzbad und dem Wässerungsmedium für einen Thermoschock verwendet, der den zu entfernenden Schichtbereich durch Rissbildung mechanisch schwächt.

- Nach der zumindest einen Salzbadbehandlung erfolgt eine Säurebehandlung in einem zumindest ersten Säurebad, das aus einer Säure oder einem Säuregemisch besteht.

- Dabei wird in einem ersten Schritt eine Säurebehandlung beispielsweise mit Salpetersäure  $\text{HNO}_3$  und/oder Phosphorsäure  $\text{H}_3\text{PO}_4$  durchgeführt.
- Weitere Säuren (z.B. Schwefelsäure, schweflige, saapeltrige Säure, Kohlensäure, Flußsäure,....) und/oder Säuregemische sind denkbar und sind auf das jeweilige Salzbad abgestimmt.

## 6

Nach einer möglichen weiteren Wässerung und Trocknung erfolgt bspw. noch eine zumindest einmalige Behandlung mit Salzsäure HCl als zweites Säurebad.

Weitere Säuren für das eventuelle zweite Säurebad sind denk-  
5 bar, jedoch unterscheiden die sich von den Säuren des ersten Säurebads.

Beispielsweise nach einer, bspw. nach jeder, Behandlung mit Säure erfolgt eine Wässerung und/oder Trocknung.

10

Die einzelnen Behandlungsschritte, bei dem das Bauteil mit dem Salzbad oder den verschiedenen Säuren in Kontakt kommt, sowie das Wässern und Trocknen können jeweils für sich mehrfach wiederholt werden.

15

Figur 3 zeigt eine Vorrichtung 22, mit dem das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt werden kann.

Die Vorrichtung 22 besteht aus einem Behälter 19, in dem ein  
20 flüssiges Salz bzw. Salzgemisch oder eine Säure vorhanden ist.

In diese Flüssigkeit wird das Bauteil 1 eingetaucht.

Das Verfahren kann verkürzt bzw. verbessert werden, wenn eine Ultraschallsonde 16 in dem Bad 13 vorhanden ist und betrieben  
25 wird.

Figur 4 zeigt ein Bauteil 1, das nach dem erfindungsgemäßen Verfahren behandelt worden ist.

30 Das Bauteil 1 weist keine korrodierten Bereiche mehr auf.

35

Im Folgenden sind beispielhafte Behandlungsabfolgen aufgelistet:

1. Strömungsschleifen
- 5 2. Salzbad oder Salzgemischbad für 1,0 Stunde,
3. Phosphorsäurebad für 1,0 Stunde,
4. Sandstrahlen
5. Salzsäurebad für 1,5 Stunden,
6. Wässerung und/oder Trocknung
- 10 7. Salzsäurebad für 1,5 Stunden,
8. Ultraschallreinigung mit Komplexbildner

1. Sandstrahlen
- 15 2. Salzbad für 1,0 Stunde,
3. Phosphorsäurebad für 1,0 Stunde,
4. Strömungsschleifen
5. Salzsäurebad für 2,0 Stunden,
6. Wässerung und/oder Trocknung
- 20 7. Salzsäurebad für 2,0 Stunden,
8. Ultraschallreinigung mit Komplexbildner

1. Sandstrahlen
- 25 2. Salzbad für 1,0 Stunde,
3. Phosphorsäurebad für 1,0 Stunde,
4. Strömungsschleifen
5. Ultraschallreinigung mit Komplexbildner
6. Salzsäurebad für 2,0 Stunden,
- 30 9. Wässerung und/oder Trocknung
7. Salzsäurebad für 2,0 Stunden

- 35 1. Salzbad für 1,0 Stunde,
2. Phosphorsäurebad für 1,0 Stunde,

1. Salzbad
2. Phosphorsäurebad
3. Wässerung
4. Phosphorsäurebad

5

1. Sandstrahlen
2. Salzbad für 1,0 Stunde,
3. Phosphor/Salpetersäurebad für 1,0 Stunde

10

1. Sandstrahlen
2. Salzbad für 1,0 Stunde,
3. Phosphor/Salpetersäurebad für 1,0 Stunde
4. Salzsäurebad

15

1. Sandstrahlen
2. Salzbad für 1,0 Stunde,
3. Phosphorsäurebad für 1,0 Stunde
4. Salzsäurebad

20

1. Sandstrahlen
2. Salzbad für 1,0 Stunde,
3. Salpetersäurebad für 1,0 Stunde
4. Salzsäurebad

25

30 Das Strömungsschleifen (siehe dazu DE 199 02 422A1) eignet sich besonders für Bauteile 1, insbesondere für Schaufeln von Turbinen, mit Innenräumen, bei denen degradierte Bereiche im Innenraum vorhanden sind.

35 Außenbereiche werden vorzugsweise sandgestrahlt, wobei dort bspw. Korund verwendet wird.



Dabei muss insbesondere der maximale Strahldruck und die Partikelgröße des Strahlguts eingestellt werden, um das Substrat nicht zu schädigen.

- 5 Für das Salzbad wird vorzugsweise ein Salz der Firma Degussa verwendet, das mit dem Handelsnamen DUFERRIT RS DGS vertrieben wird.

Oxide des Bauteils, die dem Salzbad ausgesetzt werden, transformieren sich in oxidreichere Verbindungen, die besser säurelöslich sind.

10

Die Ausdehnungskoeffizienten von Oxiden und Metallen sind i.a. unterschiedlich. Durch die Umsetzung der Bauteile 1 von einem warmen Salzbad in ein Abschreckwasserbad wird ein Thermoschock verursacht, der Risse in dem zu entfernenden Bereich (7,11) erzeugt und diesen mechanisch schwächt bspw. durch Vergrößerung der Angriffsflächen für Salz und/oder Säure.

15

Dieser Thermoschock wird als zusätzliche Wirkung bei der Reinigung eingesetzt.

20

Bei der Abschreckbehandlung ist darauf zu achten, dass ein gewisser Temperaturgradient im Bauteil nicht überschritten wird, damit keine Risse im Substrat oder Bauteil erzeugt werden.

25 Als Komplexbildner wird Diammonium EDTA verwendet. Der Komplexbildner kann Metalle binden, wodurch diese entfernt werden. Die Behandlung mit dem Komplexbildner kann zwischen, vor oder nach den einzelnen Salz- und Säurebehandlungen erfolgen.

30

Auch hier kann ebenso eine Ultraschallsonde 16 in dem Bad 13 mit dem Komplexbildner benutzt werden, um das Verfahren zu beschleunigen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Entfernen eines Schichtbereichs (7,10) eines Bauteils (1),  
5 bei dem Säure verwendet wird,  
  
dadurch gekennzeichnet, dass  
  
das Bauteil (1) zuerst in zumindest einem Salzbad (13)  
10 behandelt wird, und  
dann in einem weiteren Verfahrensschritt zumindest einmal mit zumindest einer ersten Säure oder zumindest einem ersten Säuregemisch behandelt wird,  
wobei das Bauteil (1) in einem Zwischen- oder Endschritt  
15 mit einem Komplexbildner behandelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
20 für das Salzbad (13) Natriumhydroxid (NaOH) und/oder Kaliumhydroxid (KOH) verwendet wird.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
  
für das Salzbad (13) Kaliumhydroxid und Natriumhydroxid in einem Mischungsverhältnis von 1 zu 1 (vol%) verwendet  
30 wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
35 als Säure für das zumindest erste Säurebad (13) Salpetersäure (HNO<sub>3</sub>) oder Phosphorsäure (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) oder eine

11

Mischung daraus verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1,

5     dadurch gekennzeichnet, dass

zwei verschiedene Säurebäder (13) verwendet werden.

10   6. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass

als Säure für das zweite Säurebad (13) Salzsäure (HCl)  
verwendet wird.

15

7. Verfahren nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet, dass

20     zuerst Salpetersäure (HNO<sub>3</sub>) oder Phosphorsäure (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) oder  
eine Mischung daraus, und  
dann Salzsäure (HCl) verwendet wird.

25   8. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass

eine Ultraschallsonde (16) in dem Bad (13) verwendet wird,  
um das Verfahren zu beschleunigen.

30

35

12

9. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- vor der Behandlung des Bauteils (1) im Salzbad (13)  
5 und/oder  
nach der Behandlung im Salzbad (13) und/oder  
nach der ersten Säurebehandlung und/oder  
nach einer weiteren Säurebehandlung  
das Bauteil (1) mit dem zu entfernenden Schichtbereich  
10 (7,10) sandgestrahlt wird oder  
ein Strömungsschleifen mit dem Bauteil (1) durchgeführt  
wird.
- 15 10. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- dem Salzbad zumindest ein Sauerstofflieferant hinzugefügt  
wird.
- 20
11. Verfahren nach Anspruch 10,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- 25 der zumindest eine Sauerstofflieferant ein Oxid ist.
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- 30 der zumindest eine Sauerstofflieferant ein Metalloxid ist.
13. Verfahren nach Anspruch 12,  
35 dadurch gekennzeichnet, dass
- das Metalloxid Natriumoxid ( $\text{NaO}_2$ ) ist.

13

14. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass

in zumindest einem Zwischenschritt eine Wässerung und/oder

5 Trocknung des Bauteils (1) durchgeführt wird.

1/1

